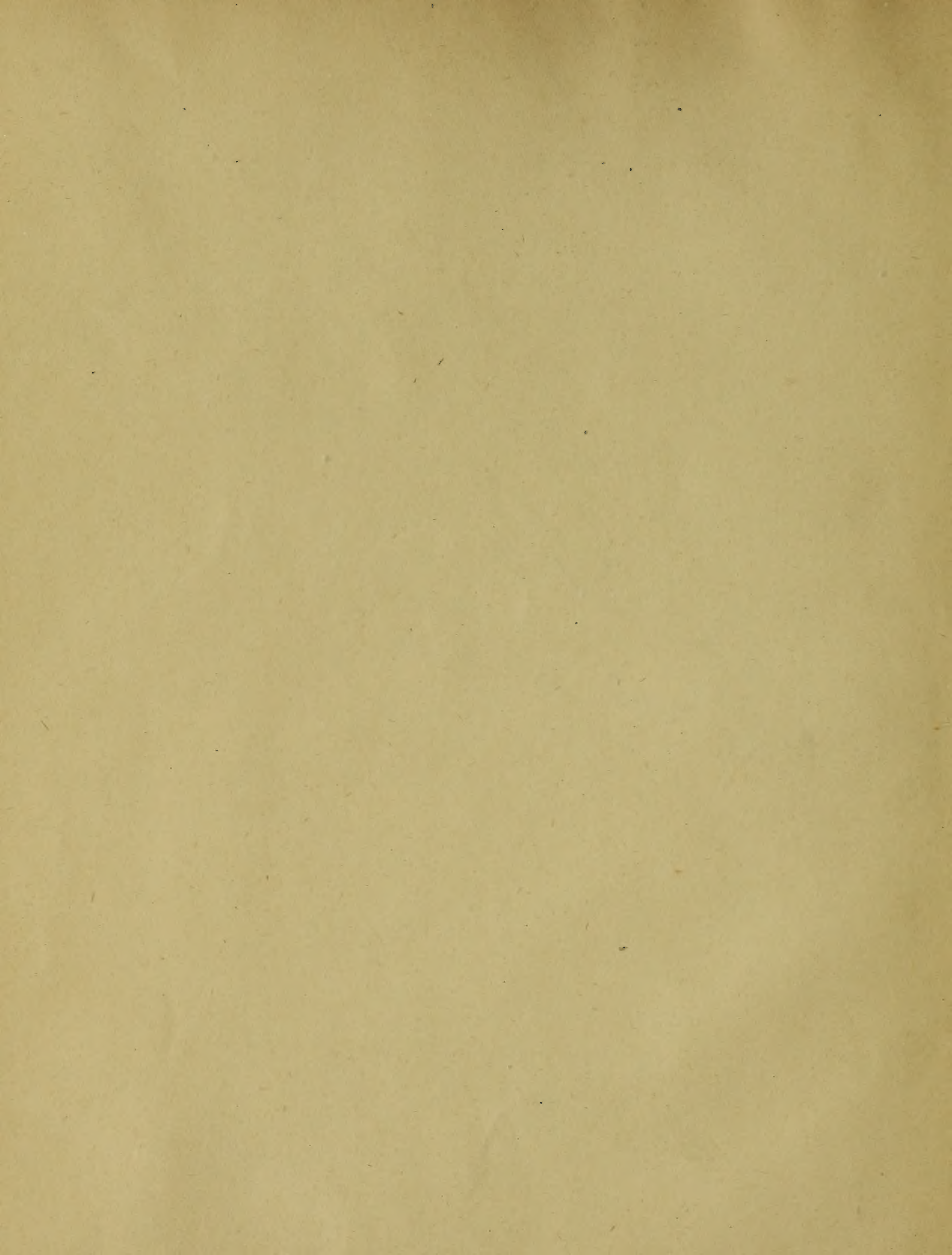




Beitrag zur funktionellen Gestaltung des Schädels bei anthropomorphen Affen und Menschen

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Philosophischen Fakultät (Sektion II)

der

Ludwig-Maximilian-Universität München

vorgelegt von

Otto Görke

aus Charlottenburg

Braunschweig

Druck von Friedrich Vieweg und Sohn

1903

Beitrag zur funktionellen Gestaltung des Schädels bei anthropomorphen Affen und Menschen

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Philosophischen Fakultät (Sektion II)

der

Ludwig-Maximilian-Universität München

vorgelegt von

Otto Görke

aus Charlottenburg

Braunschweig

Druck von Friedrich Vieweg und Sohn

1903

Sonder-Abdruck

aus dem

„Archiv für Anthropologie" Neue Folge

Band I Heft 2

Meinen teuren Eltern

in

tiefster Dankbarkeit gewidmet

Nachstehende Arbeit ist entstanden durch die Anregungen der Herren Prof. Dr. Ranke und Prof. Dr. Walkhoff sowohl im Königl. anthropologischen als auch im Königl. zahnärztlichen Institut der Ludwig-Maximilian-Universität zu München. Herr Prof. Dr. Ranke stellte mir das wertvolle Material der Selenkaschen Sammlung des anthropologischen Instituts zur Verfügung und stand mir auch sonst ebenso wie sein Assistent Herr Dr. Birkner mit Rat und Tat zur Seite; ihnen beiden sage ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank.

Mein ganz besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. Walkhoff, der mich in die Untersuchungsmethoden, die bei dieser Arbeit angewandt sind, eingeweiht hat. In aufopferndster und liebenswürdigster Weise hat er mir zur Seite gestanden und hat sich auch der schweren Mühe unterzogen, die Röntgenaufnahmen selbst herzustellen.

Meinen weiteren Dank allen meinen Lehrern in München, bei denen ich naturwissenschaftlich gearbeitet oder Vorlesungen gehört habe, den Herren Prof. Dr. Ranke, Prof. Dr. Hertwig, Geh. Rat Prof. Dr. Ritter von Zittel, Prof. Dr. Selenka † und Prof. Dr. Pompecki.

Charlottenburg, im November 1903.

Der Verfasser.

Beitrag zur funktionellen Gestaltung des Schädels bei den Anthropomorphen und Menschen durch Untersuchung mit Röntgenstrahlen.

Von

Dr. Otto Görke.

(Mit zwei Tafeln und zwei Abbildungen im Text.)

Einleitung und Untersuchungsmethoden.

In dem Selenkaschen Werke „Menschenaffen (Anthropomorphae), Studien über Entwickelung und Schädelbau“ [1]) erschien als vierte Lieferung eine Arbeit von Professor Dr. Walkhoff unter dem Titel „Der Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen in seiner funktionellen Entwickelung und Gestalt“ [11]). In dieser Arbeit hat Walkhoff, der sich im wesentlichen auf die Untersuchungen von Roux über Entwickelungsmechanik der Organismen stützte, gezeigt, daß die Variationen in den Kieferformen bei Anthropomorphen und Menschen ihre Ursache in einem verschiedenartigen Aufbau der inneren Struktur beruhen, welche direkt durch die Muskulatur und indirekt durch die in den Knochen eingepflanzten Zähne bedingt ist. Er legte dar, daß selbst unscheinbare Einwirkungen bedeutende Verschiedenheiten in der inneren Struktur und in der äußeren Form schaffen. „Jene spezifische Muskeltätigkeit des Menschen, welche ihm neben dem Gehirn die Herrschaft über alles übrige auf Erden sichert, die Sprache, schuf ein kleines Trajektorium, welches die Veranlassung wurde, daß sich der Mensch auch äußerlich von den übrigen Primaten unterscheidet. Er verursachte neben der eigenartigen Stellung des an Größe geringer werdenden Musculus digastricus zum Kieferkörper die Kinnbildung. Die Konstanz und häufige Wiederholung der Muskelwirkung war die Veranlassung, daß bei der Reduktion des übrigen Unterkiefers an Größe dieser im Vorderteile durch den Musculus genioglossus zugleich mit dem Musculus digastricus zum mindesten erhalten bleibe. Wahrscheinlich trat sogar eine Vorwölbung durch die Muskelwirkung ein, welche zur Bildung des Kinnes noch beitrug.“ Im Gegensatze zum Menschen wandelt die Kieferbildung der Anthropomorphen in anderen Bahnen. Ihre Kiefer sind in hohem Maße der Funktion des Fressens angepaßt, was sich sowohl in der äußeren Form, als auch ganz besonders in der inneren Struktur zeigt.

Überall betont Walkhoff die Zweckmäßigkeit der Struktur, und wie je nach der verschiedenen Funktion eine andere äußere Gestalt des Kiefers bedingt ist.

Angeregt durch diese Arbeit von Walkhoff und unter seiner Leitung habe ich in Nachstehendem in analoger Weise den oberen Teil des Schädels bearbeitet. Es ist zu erwarten, daß in ähnlicher Weise wie beim Unterkiefer die Rouxschen Gesetze, vorzüglich das Prinzip der funktionellen Selbstgestaltung, auch in der oberen Schädelpartie wirksam sind, wie die einzelnen Skeletteile sowohl in ihrer inneren Struktur, als auch in ihrer äußeren Gestalt ein Produkt der auf sie einwirkenden Zug- und Druckkräfte sind.

Zur Untersuchung benutzte ich, abgesehen von einer Reihe von Menschenschädeln, die Schädel von Gorilla, Orang-Utan und Hylobates. Für die Darstellung der inneren Struktur habe ich in ausgedehntem Maße, wie es auch Walkhoff in seiner Arbeit getan hat, die Röntgenphotographie angewandt. Diese Methode bietet für diese Art von Untersuchungen vielfache Vorteile. Früher wurden, um die innere Struktur zu erkennen, die Skeletteile in Fournierschnitte zerlegt, wobei die feinere Spongiosa sehr leicht zerstört wurde, und auf einer Unterlage von schwarzem Sammet photographiert. Hierbei ergibt sich aber nur ein Bild der an dieser Stelle durchsägten Spongiosa. Bei der Röntgenphotographie erhalte ich vor allem Übersichtsbilder, die oft von höchstem Werte sind. Ist der Knochen flach und nicht zu dick, so braucht man keinen Fournierschnitt zu machen, da man in diesem Falle mittels Röntgenaufnahme ein vorzügliches Strukturbild erhält. Wenn man also kostbares Material schonen muß, kann man ein Ziel einzig und allein mittels Radiographie erreichen. Bei Schädelaufnahmen liegen die Verhältnisse insofern ungünstiger, als man es nicht mit einem flachen Knochen, sondern einem fast kugelförmigen Gebilde zu tun hat. Um Übersichtsbilder zu erlangen, ist man genötigt, den Schädel sagittal zu durchsägen, da man anderenfalls bei der Röntgenaufnahme ein unentwirrbares Bild erhalten würde. Meist kam ich mit Aufnahmen des sagittal durchsägten Schädels aus. Da aber der Schädel reichlich mit Höhlen durchsetzt ist, außerdem auch infolge seiner Gestalt nicht der photographischen Platte flach aufliegen kann, was aber ein Haupterfordernis zur Erlangung eines guten Bildes ist, so war ich gezwungen, um feinere Details zu erhalten, Fournierschnitte zu machen. Bei der Radiographie wird aber nicht nur das Bild der direkt aufliegenden Partien auf der Platte fixiert, sondern es werden auch die größeren Gewebszüge im Innern mit photographiert, so daß die gröbere Struktur in ihrer Gesamtheit sichtbar wird. Über die Dauer der Belichtung kann man keine genauen Angaben machen, da diese abhängig ist vom Apparat und der zu benutzenden Röhre. Je nach Apparat und Röhre variiert die Belichtungszeit ganz erheblich.

Das Material

zu meiner Arbeit wurde mir in entgegenkommendster Weise von Herrn Professor Dr. J. Ranke aus der Schädelsammlung des Münchener anthropologischen Instituts, namentlich aus der Selenkaschen Sammlung derselben, zur Verfügung gestellt.

Anatomische Beschreibung.

Bei der äußeren Betrachtung des Schädels der Anthropomorphen fällt von vornherein die mächtige Entwickelung des Gesichtsskeletts im Verhältnis zum Gehirn auf. Wie Selenka auf Seite 148 seines Werkes sagt: „Es sind die mächtigen Dauerzähne, es ist die Funktion des Fressens, dem die Form des Gesichtsschädels sich anzupassen hat.“ Das Gebiß der Anthropomorphen hat infolge der mächtigen Entwickelung der Eckzähne die Gestalt eines Rechteckes oder eines „U“; die Eckzähne stehen gleich mächtigen Pfeilern im Biegungswinkel. In der Bezahnung findet man als wichtigen Geschlechtsunterschied die gewaltige Entwickelung des Eckzahns beim Männchen, wodurch der Vorderkiefer noch weiter nach vorn geschoben wird. Der Kiefer der Anthropomorphen hat nach der Ansicht von Selenka die Tendenz, seiner stärkeren Beanspruchung gemäß, sich zu vergrößern. „Umgekehrt konnte die Vermehrung des Kaugeschäftes die Vergrößerung der Kiefer und der Zähne hervorrufen oder sogar zur

Neubildung hinterer Backzähne führen, indem aus der verlängerten Milchzahnleiste neue Zahnkeime hervorsproßten."

„So finden sich überzählige vierte Molaren beim Gorilla und Orang-Utan am häufigsten, weil deren Gebisse unter allen Primaten am kräftigsten entwickelt sind." Im weiteren Verlauf seiner Betrachtungen sagt Selenka:

„Zähne und Kiefer des Orang-Utan zeigen nun unverkennbar die Tendenz sich zu vergrößern, das will sagen, die gesamte Kaufläche auszudehnen."

„Diesem Erfordernis, welches vor allem durch die Beschaffenheit der Nahrung bedingt wurde, wird nun tatsächlich Genüge geleistet, sowohl durch Ummodellierung der Zahnkronen, als auch durch das Hinzutreten neuer Zähne. In 20 Proz. aller Fälle, nämlich in 38 unter 194 erwachsenen Orang-Utan-Schädeln, beobachtete ich überzählige Zähne. Ich stehe daher nicht an, diese Mehrzähne der regulären Zahnformel des Dauergebisses einzufügen, welches demnach zu schreiben wäre

$$\frac{2}{2}\quad\frac{1}{1}\quad\frac{2}{2}\quad\frac{3(+1)}{3(+1)}$$

als Formel eines Werdegebisses, eines Gebisses, welches noch in Ausbildung begriffen ist."

Beim Gorilla tritt diese Vermehrung der Molaren zwar seltener ein, doch hat sie Selenka in 9 Proz. aller untersuchten erwachsenen Gorillaschädeln beobachtet.

Diese Vermehrung der Zähne in Verbindung mit der mächtigen Entwickelung der Frontzähne und deren Schrägstellung bedingt die für die Affen so typische Schnauzenbildung.

Bei einer Betrachtung von vorn fällt die mächtige Entwickelung der Crista canina ganz besonders ins Auge. Sie entspringt am Eckzahn, steigt gegen die Mittelebene konvergierend empor, verstärkt die seitlichen Nasenränder in ganz bedeutendem Maße und vereinigt sich mit der Crista canina der anderen Schädelhälfte unterhalb der Sutura naso-frontalis. Eine zweite Crista entspringt im Oberkiefer zwischen dem ersten und zweiten Molar. Sie steigt senkrecht empor, durchquert das Wangenbein in vertikaler Richtung und endet oberhalb der Sutura zygomatico-frontalis als sogenannte Crista alveolo-zygomatica.

Diese beiden Cristen in jeder Schädelhälfte sind allen Anthropomorphen gemeinsam. Bedeutende Unterschiede machen sich aber in der Entwickelung der Supraorbitalwülste geltend. Während sie beim Orang und Hylobates fast völlig fehlen, kommen sie beim Gorilla und Schimpanse zu mächtiger Entwickelung. Ähnlich, wie wir es bereits beim Eckzahn gesehen haben, machen sich auch hier geschlechtliche Unterschiede geltend. Beim männlichen Schädel sind nämlich die Supraorbitalwülste in viel stärkerem Maße ausgebildet wie beim weiblichen.

Das Jochbein ist bei den Anthropomorphen, entsprechend der stärkeren Entwickelung des Musculus masseter, kräftig gebaut. Vor allem fällt aber die seitliche Ausladung des Jochbogens auf. Diese ist bedingt durch die gewaltige Entwickelung des Musculus temporalis.

Nach den Untersuchungen von Fick [Vergleichend anatomische Studien an einem erwachsenen Orang-Utan, Archiv für Anatomie und Physiologie [1])] macht das Muskelgewicht beim Orang-Utan nur 19 Proz. des Körpergewichts aus, während es beim erwachsenen Manne etwa 33 Proz. beträgt. Im Gegensatze hierzu ist das Verhältnis des Gewichts vom Musculus masseter des Orang-Utan zu dem des Menschen 96 : 44, also mehr als das Doppelte, und vom Musculus temporalis sogar 300 : 68, also etwa das Viereinhalbfache. Beim Gorilla wird dieser Kontrast noch stärker.

Gehen wir zur Schädelkapsel über, so fällt die geringe Entwickelung dieser Partie im Verhältnis zum Gesichtsskelett auf. Das Volumen der Hirnkapsel beträgt selbst bei den größten Anthropomorphen nur etwa 500 bis 600 ccm. Die Stirnpartie zeigt die mannigfachsten Formen. Von der ziemlich steil stehenden Stirn des Orang finden wir alle Übergänge bis zur stark geneigten (fliehenden) Stirn des Gorilla.

Als eine Folge der mächtigen Entwickelung der Musculi temporales sieht man deutlich ausgeprägte Lineae temporales. Mit zunehmendem Alter rücken diese, der Zunahme der Musculi temporales entsprechend, nach der Sagittalebene zu und bilden schließlich zur Vergrößerung des Muskelansatzes einen mäch-

tigen Knochenkamm, der in der Medianebene verläuft. Eine ähnliche Kammbildung kommt am Hinterhaupt zustande. Da der Schädel der Anthropomorphen nicht wie beim Menschen in seinem Schwerpunkt dem Rumpfskelett aufgelagert ist, sondern der Schwerpunkt infolge der massigen Kauwerkzeuge stark nach vorn verlagert ist, so muß es bei ihnen zu einer gewaltigen Entwickelung der Nackenmuskulatur kommen, um den Kopf in seiner Lage zu fixieren. Die Kammbildung, die hieraus resultiert, verläuft von der äußeren Ohröffnung schräg nach dem Mediankamm aufsteigend, so daß eine λ-ähnliche Figur entsteht.

An der Schädelbasis ist die starke Verlagerung des Foramen magnum nach hinten zu bemerken und die Geradstreckung des Schädelgrundes [vergl. Virchow: Untersuchungen über die Entwickelung des Schädelgrundes im gesunden und krankhaften Zustande und über den Einfluß desselben auf Schädelform, Gesichtsbildung und Gehirnbau. Berlin 1857 [10]), und vor allem Ranke: Beiträge zur physischen Anthropologie der Bayern. II. Bd.: Über einige gesetzmäßige Beziehungen zwischen Schädelgrund, Gehirn und Gesichtsschädel [7])]. Die Processus pterygoidei sind bei den Anthropomorphen sehr stark entwickelt. Die Fossae spheno-palatinae, welche die Processus pterygoidei mit dem Hinterrande des Gaumens bilden sind entweder nur sehr klein, oder auch gar nicht vorhanden.

Die Höhlenbildung in den Schädelknochen der Anthropomorphen ist sehr verschiedenartig. Die Keilbeinhöhle ist bei allen Anthropomorphen vorhanden, ebenso die Oberkieferhöhle. Die Oberkieferhöhle zeigt bei ihnen eigenartige Leistenbildung. Von den Wurzeln der Backenzähne beginnend, steigen nämlich (vgl. Fig. 1 u. 2), an der Fazialwand des antrum Highmori gut entwickelte Leisten senkrecht empor, die wiederum von Querleisten durchsetzt sind, so daß ein wabenartiges Gebilde an dieser Wand entsteht.

Stirnhöhlen sind bei Gorilla und Schimpanse gut entwickelt, bei Orang-Utan und Hylobates fehlen sie; an ihrer Stelle findet man eine weitmaschige Spongiosa, die aber an Volumen weit geringer ist als die Stirnhöhlen.

Trotz vieler Ähnlichkeiten mit den Anthropomorphen findet man beim menschlichen Schädel doch ganz bedeutende Abweichungen. Wie der erste Augenschein zeigt, ist die Schädelkapsel im Verhältnis zum Gesichtsskelett enorm entwickelt; ihr Inhalt beträgt etwa 1200 bis 1500 ccm. Die Kiefer sind klein und im allgemeinen orthognath. Die Zahnreihe steht in Parabelform, und geschlechtliche Unterschiede, wie es bei den Anthropomorphen der Fall ist, sind bei ihr nicht vorhanden. Während bei den Anthropomorphen eine Vermehrung der Zähne und, damit Hand in Hand gehend, eine Vergrößerung der Kiefer stattfindet, kann man beim Menschen eine entgegengesetzte Entwickelung beobachten. Infolge Nichtgebrauchs findet nicht nur eine Verkleinerung der einzelnen Zähne statt, sondern es ist auch eine Verringerung ihrer Zahl zu konstatieren. Der dritte Molar, der sogenannte Weisheitszahn, ist bei den zivilisierten Rassen vielfach nur mangelhaft entwickelt, oder er fehlt in einzelnen Fällen ganz. Beim zweiten Prämolar und dem seitlichen (kleinen) Schneidezahn tritt diese Erscheinung ebenfalls ein. Oft findet man eine Retention dieser Zähne, oder aber sie sind, was man durch Röntgenaufnahme leicht konstatieren kann, gar nicht angelegt.

Die Crista canina ist nur sehr schwach angedeutet, während die Crista alveolo-zygomatica wohl entwickelt ist. Die Augenbrauenwülste sind in ihrer Grösse sehr variabel. Der Jochbogen ist infolge der schwachen Entwickelung des Musculus masseter und Musculus temporalis schwach gebaut und flach.

An der Schädelkapsel treten die Muskelansätze viel weniger hervor. Die Ansätze der Musculi temporales, die Lineae temporales, finden sich zu beiden Seiten des Schädels. Da der menschliche Schädel dem Rumpfskelett so aufsitzt, daß er im Schwerpunkt unterstützt ist, so ist die Nackenmuskulatur demgemäß schwächer entwickelt als bei den Anthropomorphen. Es kommt daher auch am Hinterhauptbein zu keiner Cristenbildung; die Ansätze der Nackenmuskulatur werden durch die Lineae nuchae gekennzeichnet. Die Schädelbasis bildet insofern sehr bedeutende Abweichungen gegen die der Anthropomorphen, als das Foramen magnum

nach vorn verlagert und die Schädelbasis geknickt ist. Die Processus pterygoidei sind schwach entwickelt, doch ist die Fossa sphenopalatina sehr groß.

Beschreibung der Bilder.

Für die Herstellung von Röntgenbildern standen mir durchsägte Schädel von Gorilla (Fig. 4), Orang (Fig. 3), Hylobates und Mensch (Fig. 5) zur Verfügung, außerdem konnte ich Fournierschnitte vom Orangschädel röntgen. Auf diesen Bildern heben sich deutlich die Umrißlinien ab. Man sieht bei den Anthropomorphen die mächtige Entwickelung der Freßwerkzeuge, die Zähne werden deutlich sichtbar und in ihnen die Pulpahöhlen. Walkhoff hat in seiner Arbeit nachgewiesen, daß die Richtung der Zahnwurzeln im Unterkiefer nach hinten gerichtet sind. Im Oberkiefer sind die Wurzeln der Frontzähne zwar ebenfalls nach hinten gerichtet, ebenso die der Prämolaren. Bei den Molaren tritt jedoch Wechsel in der Richtung ein. Während die Wurzeln des ersten Molaren ziemlich senkrecht stehen, biegen sich die Wurzeln des zweiten und dritten Molaren nach vorn um. Denkt man sich die Wurzeln aller Zähne verlängert, so sieht man, daß sie sich alle in einem Punkte treffen würden, und zwar im oberen Augenhöhlenrande. Die Zahnwurzeln des Oberkiefers sind also radial nach aufwärts gerichtet. Zwischen den Zähnen und speziell im Vorderkiefer von den Wurzelspitzen ausgehend sieht man deutlich ausgebildete Spongiosa. Oberhalb der Zahnreihe sieht man, in seiner Umgrenzung scharf gezeichnet, die Oberkieferhöhle, das Antrum Highmori. Von den Zähnen entspringend, sieht man Verstärkungen, als dunkle Linien gekennzeichnet, nach dem oberen Orbitalrande aufsteigen. Zwei Verstärkungslinien, die verdichtete Spongiosa darstellen und sich somit als wahre Trajektorien kennzeichnen, fallen ganz besonders auf. Die eine geht von der Gegend des Eckzahnes aus und die andere vom ersten Molaren; wir haben sie bei der anatomischen Beschreibung als Crista canina und Crista alveolo-zygomatica bereits kennen gelernt. Zwischen diesen beiden Linien sieht man noch einige schwächere Linien, durch welche die Septen im Antrum Highmori dargestellt werden. Beim Gorilla sieht man sodann die ganz enorm entwickelten Augenbrauenwülste, von denen aus, stark nach hinten gebeugt, die fliehende Stirn sich anschließt. Während die Verstärkungslinien beim Orang in der Richtung der Stirnlinie liegen, bilden sie beim Gorilla mit der Stirn einen Winkel von ungefähr 56°. Beim Hylobates treten zwar auch dieselben Verstärkungslinien auf, doch erhält man hier durch die Röntgenaufnahme infolge der fast röhrenförmig ausgezogenen Augenhöhlen des Hylobates kein besonders gutes Bild. Beim Gorilla (Fig. 4) sieht man in den Augenbrauenwülsten die mächtigen Stirnhöhlen, während sie bei Orang und Hylobates vollständig fehlen; an ihre Stelle tritt eine spongiöse Struktur des Knochens. Der Sagittalnaht entsprechend, ist bei Gorilla der Knochenkamm deutlich ausgeprägt, er zieht sich bis zum Hinterhaupt hin. Da das Röntgenbild des Orangschädels von einem jungen Weibchen stammt (Fig. 3), so ist selbstverständlich von der Kammbildung nichts zu sehen, bei einem älteren Männchen wäre sie auch vorhanden. Ein ganz eigenartiges Bild bietet sich an der Hinterhauptsregion dar. Man sieht hier eine ganz mächtig entwickelte Spongiosa, die fächerartig um das Kiefergelenk angeordnet ist. Diese Struktur kann man bei allen drei mir zur Verfügung stehenden Anthropomorphen beobachten. Beim Gorilla sieht man innerhalb dieser Spongiosa noch eine Verdichtung vom äußeren Gehörgang nach dem hinteren Ende des vorhin erwähnten Knochenkammes sich hinziehen. Beim Orang ist an deren Stelle eine schwache dunkle Linie zu sehen, die sich aber nicht ganz bis zur Ohröffnung hinzieht. Von der Ohröffnung sieht man außerdem noch dunkle Linien nach dem oberen Augenbrauenrande sich hinziehen. Es sind dies die Körper des Hinterhauptbeins, des Keilbeins und des Siebbeins. In der Röntgenaufnahme des Gorilla sind besonders auch die Höhlen, die sich in dieser Partie vorfinden, kenntlich.

Wenn wir auch beim Menschen (Fig. 5) ähnliche Verhältnisse haben, so machen sich doch auch in den Röntgenaufnahmen ganz bedeutende Abweichungen geltend. Die Richtung der Zahn-

wurzeln geht zwar auch nach dem oberen Augenbrauenrand zu, doch ist das, entsprechend der geringeren Ausbildung des Gebisses, weniger deutlich zu sehen als bei den Anthropomorphen. Die Oberkieferhöhle ist ebenfalls gut ersichtlich, doch scheint sie nicht so weit nach vorn zu reichen. Die Crista alveolo-zygomatica ist deutlich ausgeprägt, wenn auch natürlich nicht so stark als bei den Anthropomorphen, hingegen ist die dunkle Linie, die der Crista canina entspricht, nur außerordentlich schwach entwickelt. Als eine ganz neue Verstärkung sieht man eine Verbindung der Crista alveolo-zygomatica mit der Crista canina. Sie geht vom unteren Ende der Crista alveolo-zygomatica schräg aufwärts nach der Crista canina, mit der sie am Schnittpunkte mit dem unteren Augenbrauenrande zusammentrifft. Der untere Augenbrauenrand prägt sich ebenfalls bedeutend stärker aus als bei den Anthropomorphen, was auf eine Verstärkung der Partie hinweist. Oberhalb der Augen sieht man den Augenbrauenwulst und, in ihm eingeschlossen, die Stirnhöhle. An der Stirn- und Scheitelpartie des Schädels ist nichts weiter Bemerkenswertes, außer, daß auf den Röntgenbildern die Blutgefäßrinnen des Gehirns außerordentlich schön sichtbar werden, während man auf den Bildern der Anthropomorphen nichts dergleichen sieht. In der Gegend der Kiefergelenke macht sich zwar auch beim Menschen eine Spongiosa bemerkbar, doch ist sie nicht so ausgedehnt und so regelmäßig fächerartig angeordnet als bei den Anthropomorphen. Die Körper des Hinterhaupts-, Keil- und Siebbeins sind ebenfalls gut ersichtlich. Ihre Richtung geht von der äußeren Ohröffnung nach dem oberen Orbitalrande.

Auf einer Serie von Schnittbildern, die genau in der Sagittalebene durch den Alveolarfortsatz von Orang und Mensch gemacht sind, sieht man beim Menschen eine unregelmäßige Spongiosa, sowohl in der Region der Frontzähne, als auch in der Gegend der Molaren. Ein ganz anderes Bild bietet sich uns beim Orang dar. Man sieht deutlich, wie von der Wurzel der Schneidezähne senkrechte Knochenbälkchen abgehen, die wiederum von Knochenbälkchen, die parallel zur Wurzelscheide angeordnet sind, gekreuzt werden. Von der Wurzelspitze sieht man eine Verstärkung ausgehen, und zwar verläuft diese Verstärkung in der verlängerten Richtung der Wurzel. Bei der Spongiosa, in der Gegend der Molaren, sieht man deutliche Unterschiede in der Spongiosa der inneren und äußeren Lamelle gegen die inneren Partien. Während die Knochenbälkchen in den äußeren Partien horizontal gelagert sind, gehen bei den inneren von der Wurzelscheide aus schräg nach oben Knochenbälkchen aus, die an der benachbarten Wurzelscheide enden. Da nun aber von den Nachbaralveolen ebenso gerichtete Knochenbälkchen entspringen, so entsteht in den Knochensepten ein System von sich rechtwinkelig kreuzenden Knochenbälkchen. Von der Wurzel des noch nicht fertig gebildeten Eckzahnes entspringen kräftige Knochenbälkchen, die in ihrer Hauptrichtung nach oben gerichtet sind.

Auf der Röntgenaufnahme eines sehr jugendlichen Orangschädels fällt das Fehlen der Spongiosa am Hinterhaupt und der Leisten in der Highmoreshöhle auf. Auch sind die übrigen Verstärkungen, die man beim Röntgenbilde des erwachsenen Orangs so deutlich sieht, nur schwach entwickelt. Hingegen sieht man auf diesem Bilde sehr gut, wie um den Zahnkeim der durchbrechenden Zähne sich eine Schicht von Compacta gebildet hat.

Verhältnis von Gesichtsschädel zur Gehirnkapsel.

Beim Kopfskelett des Menschen und der Anthropomorphen erscheint das Gesichtsskelett als ein Anhang an die Schädelkapsel.

Verbunden werden die beiden Teile durch die Orbitalregion, durch das Os zygomaticum, die Processus pterygoidei und die Schädelbasis. Das Os zygomaticum und die Schädelbasis werden hierbei, wie man sofort sieht, auf Zug beansprucht. Auf Zug beruht auch die Wirkungsweise der Processus pterygoidei. Ich beziehe mich hierbei auf die Beobachtungen, die Ranke gemacht hat. Er schreibt darüber in seinem

Werke „Beiträge zur physischen Anthropologie der Bayern“, Bd. II[7]): „Die flügelförmigen Fortsätze des Processus pterygoidei, des Keilbeins, wenden sich bei dem Menschen schief von oben nach unten und vorne, legen sich mit ihren unteren vorderen Enden in größerer oder geringerer Ausdehnung an den unteren Abschnitt des Oberkieferhinterrandes an, wodurch dann diese Endstücke der flügelförmigen Fortsätze an ihrer dem Oberkiefer direkt anliegenden Vorderfläche auf eine verschieden große Strecke etwas rückwärts gebogen erscheinen, dem oben geschilderten Verlaufe des Oberkieferhinterrandes entsprechend. Da die oberen Partien der äußeren Vorderfläche der flügelförmigen Fortsätze dem Oberkiefer aber bekanntlich nicht anliegen, so bleibt zwischen beiden eine mehr oder weniger weite, nach unten sich schließende, von den Anatomen Flügelgaumengrube bezeichnete Spalte; an der Wurzel der Processus pterygoidei kann der Querdurchmesser dieses Zwischenraumes mehr als 7 bis 8 mm betragen; so weit erscheint dann der Hinterrand des Oberkiefers — abgesehen von der die Flügelgaumengrube in der Tiefe schließenden senkrechten Lamelle des Gaumenbeins — ganz frei. Anders ist das bei den anthropoiden Affen. Bei Gorilla und noch mehr bei Orang-Utan liegt die Vorderfläche der Processus pterygoidei nicht nur in weit größerer Ausdehnung dem Oberkieferhinterrande direkt an, sie greift mit ihrem vorderen oberen Rande sogar auf die Außenfläche des Oberkiefers herüber und deckt diese, namentlich bei dem Orang-Utan, auf eine ziemliche Strecke. Soviel ich sehe, legen sich bei allen Affen der alten Welt die Processus pterygoidei in ähnlich ausgedehntem Maße wie bei den anthropoiden Affen direkt dem Oberkieferhinterrande an, so daß bei allen die Flügelgaumengrube, die Fossa pterygopalatina s. phenomaxillaris, zwar nicht, wie bei dem erwachsenen Orang-Utan, zu einer von vorne nach unten und hinten herabsteigenden engen Spalte wird, immerhin aber gegen die menschlichen Verhältnisse relativ reduziert erscheint.“

Und an einer anderen Stelle sagt der Autor:

„Im Folgenden sehen wir aus den angeführten Gründen für jetzt von Messungen der Flügelfortsätze ab und bemerken hier nur noch, daß die Verhältnisse der Flügelgaumengrube bei den jungen Anthropoiden (Orang-Utan) denen bei den erwachsenen Menschen in viel höherem Grade entsprechen, als das bei den erwachsenen nach unserer obigen Darstellung der Fall ist.“

Diesen Beobachtungen kann ich noch hinzufügen, daß überhaupt bei starker Prognathie die Fossa spheno-palatina sich verkleinert und die Processus pterygoidei sich dem Oberkieferhinterrande mehr anschmiegen. Dies sehen wir nicht nur bei Menschenrassen mit ausgesprochener Prognathie, sondern wir können es auch bei Rassen mit orthognathem Gebiß bei zunehmendem Alter der Individuen beobachten. Dieses Verhalten der Processus pterygoidei kann nur darin seine Erklärung finden, daß sie bestrebt sind, ein Abschieben des Oberkiefers nach vorn, wie es durch den Kauakt geschehen könnte, zu verhüten, d. h. die Processus pterygoidei werden auf Zug beansprucht.

Funktionelle Veränderungen am Schädel.

In seinem Werke „Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen“, Bd. I, schreibt Roux[8]): „Jeder Skeletteil hat eine besondere normale Funktion, welche durch seine Gestalt und durch seine Lage zwischen anderen drückenden bzw. ziehenden Teilen, also durch die Lage seiner Druck- bzw. Zugaufnahmeflächen, sowie durch die Größe des von ihnen aus auf ihn einwirkenden Druckes bzw. Zuges bestimmt wird.

Dieser besonderen Funktion sind die normalen Skeletteile sowohl in ihrer Gestalt wie in dem Bau ihrer spongiösen Struktur in hohem Maße angepaßt (funktionelle statische Gestalt und Struktur).“

In seiner Arbeit „Weitere Untersuchungen über das Verhältnis der Knochenbildung zur Statik und Mechanik des Vertebratenskeletts“ macht Zschokke[13]) darauf aufmerksam, daß nicht nur durch die aufrechte Stellung, also

durch die Statik, wie Meyer und Wolff behaupten, der Aufbau des menschlichen Skeletts erklärt werden darf, sondern, daß die Muskelwirkung einen mächtigen Faktor für die Gestaltung des Skeletts bildet. Es gibt Knochen, und namentlich Knochenfortsätze, welche dem Belastungsdrucke gar nicht ausgesetzt sind und gleichwohl ausgeprägte spezifische Spongiosabildungen aufweisen, trotzdem nur Muskelzug auf sie einwirkt. Beim Schädel spielen tatsächlich Druckbelastung seitens anderer Skeletteile nur eine sehr untergeordnete Rolle, die Formgestaltung wird vielmehr großenteils durch die Tätigkeit der Muskeln bewirkt.

Abgesehen von der Nackenmuskulatur, die nur Veränderungen in der Hinterhauptspartie hervorrufen kann, kommt einzig und allein die Kaumuskulatur in Betracht. Die Kaumuskeln haben ihren Ursprung in der oberen Schädelhälfte und inserieren in der Gegend des Unterkieferwinkels. Der Unterkiefer selbst ist mit der oberen Schädelpartie durch Gelenke verbunden und wird durch Ligamente in der Gelenkpfanne festgehalten. Der Unterkiefer kann also als ein einarmiger Hebel mit dem Drehpunkt im Gelenk aufgefaßt werden. Wenn nun die Kaumuskulatur in Tätigkeit tritt, geschieht Folgendes: Die Zahnreihe des Unterkiefers wird gegen die des Oberkiefers gepreßt. Da nun der Zug der Kaumuskeln zwischen Drehpunkt und Zahnreihe wirkt, so wird sowohl gegen die obere Zahnreihe, als auch gegen den Drehpunkt, also die Gelenkpfanne, ein bedeutender Druck ausgeübt.

Wie ich oben bereits ausgeführt habe, weisen die Kieferbildung und der Ursprung der Kaumuskulatur beim Menschen und Anthropomorphen große Differenzen auf. Ich will daher die Wirkungsweise des Kauaktes für beide getrennt betrachten.

Beim Menschen verlaufen die Wurzeln aller Zähne des Oberkiefers von den Frontzähnen bis zum dritten Molaren strahlenförmig radial nach oben. Jeder Zahn verursacht beim Biß einen sich nach oben fortpflanzenden Druck. Die Drucke werden aber nicht einzeln, voneinander geschieden, nach oben fortgeleitet, vielmehr finden wir in jeder Hälfte des symmetrisch geteilten Schädels zwei besonders kräftig ausgebildete Druckverstärkungen, welche geeignet sind, die Drucke nach oben hin fortzupflanzen. Die eine schwächere geht vom Eckzahn aus. Sie nimmt die sämtlichen Druckverstärkungen, die von den Frontzähnen herrühren, in sich auf. Die Verstärkung läuft längs des Nasenrandes über den Stirnfortsatz des Oberkiefers fort und endet oberhalb der Sutura naso-frontalis, wo sie sich mit der analogen Druckverstärkung der Frontzähne der anderen Seite vereinigt. Ich will diese Verstärkungen Trajektorien der Frontzähne nennen. Diese Trajektorien sind die Ursache der oben beschriebenen Crista canina.

Die zweite, bei weitem stärker ausgebildete, der oben genannten Druckverstärkungen hat den Druck aufzunehmen, der von den Backzähnen ausgeht. Sie entspringt ungefähr in der Gegend des ersten Molaren, durchläuft das Wangenbein in vertikaler Richtung und endet an der Jochbeinwurzel oberhalb der Sutura zygomatico-frontalis. Ich will sie als die Trajektorien der Backenzähne bezeichnen. Sie bilden die uns bekannte Crista alveolo-zygomatica. Diese Crista ist ein Analogon zur Linea obliqua externa des Unterkiefers, die an der Basis in der Gegend des ersten Molaren endet.

Der ganze Druck wird also aufgenommen erstens durch die beiden Trajektorien der Frontzähne, die sich ihrerseits unterhalb der Sutura naso-frontalis zu einem einzigen Trajektorium vereinigen, zweitens durch die Trajektorien der Backenzähne, so daß schließlich unterhalb des oberen Orbitalrandes der gesamte Druck, der von den Zähnen des Oberkiefers ausgeht, von drei nach oben strebenden Säulen aufgenommen wird. Es ist einleuchtend, daß das ganze hier wirkende Kraftsystem, welches sich vorzüglich in einem von unten nach oben wirkenden Druck äußert, ohne weiteres in seiner Wirkung verfolgt werden kann. Das Trajektorium der Frontzähne ist mit dem Trajektorium der Backenzähne durch mehrere Bindestützen statisch verbunden. Die eine derselben ist, wie schon der Augenschein zeigt, der untere und beim Menschen meist cristenartig oder wulstig verstärkte Orbitalrand. Eine andere verläuft vom unteren Ende des Trajektoriums der Backenzähne nach dem mesialen unteren Orbitalrande, wo sie mit

dem Trajektorium der Frontzähne zusammentrifft, und wird in der Röntgenaufnahme gut ersichtlich. Eine dritte Verbindung bildet der Alveolarfortsatz des Oberkiefers. Wir haben es also mit einem wohl definierten und statisch fest verbundenen System zu tun. Es besteht aus Gewebezügen, die geeignet sind, Drucke aufzunehmen und verglichen werden können mit den Stäben eines Fachwerks. Diese Anordnung bewirkt, daß die verhältnismäßig dünne Knochenwand zwischen den Trajektorien der Frontzähne und der Backenzähne, welche an sich nicht imstande wäre, die Drucke, die nicht mit der Richtung der Trajektorien zusammenfallen, auf diese zu übertragen, vollständig entlastet wird; nur die oben beschriebenen Verstärkungen werden durch die Druckkräfte, welche infolge des Kauaktes auftreten können, beansprucht. Man sieht in diesem Falle deutlich, wie durch geringsten Materialverbrauch eine möglichst große Festigkeit erzielt wird.

Nun muß diesen nach oben gerichteten Drucken ein Gegendruck von gleicher Größe entsprechen, damit Gleichgewicht vorhanden ist. Dieser Gegendruck wird hervorgerufen durch die Kontraktion der Kaumuskulatur. Dieselbe Muskelkraft, welche den Unterkiefer gegen den Oberkiefer preßt und dadurch den oben beschriebenen nach aufwärts gerichteten Druck, sowohl im Oberkiefer, wie im Gelenk, hervorruft, verursacht einen Gegendruck, welcher an den Insertionsstellen der Kaumuskulatur stattfindet.

Die Musculi pterygoidei verursachen eine größere Entfaltung der Pterygoidfortsätze des Keilbeins, und der Masseter bewirkt eine Verbreiterung des Jochbogens. Irgend ein anderer formverändernder Einfluß dieser Muskeln auf den Schädel ist nicht ersichtlich. Es bleiben also nur noch die Musculi temporales übrig deren Wirkungsweise ich näher beleuchten möchte.

Die Musculi temporales inserieren zu beiden Seiten des Schädels längs der Linea temporalis. Bei ihrer Kontraktion haben sie das Bestreben, die Seitenpartien des Schädels herunterzuziehen. Hierbei wird die Stirn insofern in Mitleidenschaft gezogen, als sie gleichzeitig dadurch nach hinten gebeugt wird. Beim neugeborenen Kinde beträgt der Neigungswinkel der Stirn 90⁰ und darüber. Im späteren Alter nimmt der Neigungswinkel immer mehr ab. Während beim weiblichen Geschlechte die Stirn verhältnismäßig steil bleibt, neigt sie sich beim Manne mit zunehmendem Alter immer mehr entsprechend der kräftigeren Entwickelung der Musculi temporales. Infolge der seitlichen Insertion der Musculi temporales beim Menschen entsteht nun noch folgende Wirkung.

Es drücken auf die Stirnpartie des Schädeldaches, gleichsam wie auf einen Balken, die drei nach oben führenden Drucksäulen, während die Musculi temporales bei der Kautätigkeit bestrebt sind, die äußersten Seitenpartien der Stirn herunterzuziehen. Wir haben also das gleiche Bild vor uns, wie in nachfolgender schematischer Skizze.

Die so wirkenden Kräfte haben nun zur Folge, daß der Balken bestrebt ist, nach obenhin durchzubiegen, wie in obenstehendem Bilde gezeigt wird. Hierbei werden die unteren Partien des Balkens zusammengedrückt.

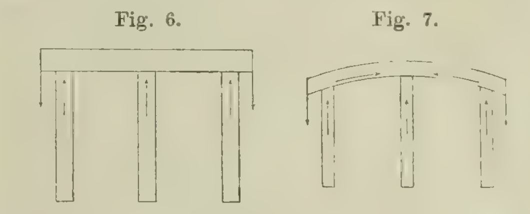


Fig. 6. Fig. 7.

Wenden wir die hier gefundenen Resultate auf die Stirn an, so ergibt sich, daß die unteren Partien, d. h. die Orbitalpartie der Stirn auf Druck beansprucht wird, und zwar senkrecht zur Richtung der Drucksäulen.

Wir haben bis jetzt stillschweigend eine senkrecht stehende Stirn vorausgesetzt. In erhöhtem Maße findet diese Wirkung bei einer schräggestellten (fliehenden) Stirn statt. Ich will dies an einem einfachen Beispiel klar machen. Denken wir uns ein auf hochkant gestelltes Brett, welches der senkrecht stehenden Stirn entsprechen würde, so wird es sich weit weniger durchbiegen als ein flach gestelltes Brett. Die schräge (fliehende) Stirn stellt uns ein Mittelding zwischen einem flach liegenden und einem auf hochkant gestellten Brett dar. Je größer daher die Neigung der Stirn ist, desto größer ist auch das Bestreben einer Durchbiegung

nach oben; es wächst infolgedessen der oben hergeleitete Druck in der Unterstirn mit dem Neigungswinkel.

Nach dem Prinzip der funktionellen Selbstgestaltung muß sich nun infolge Aktivitätshypertrophie in denjenigen Stellen, die einem verhältnismäßig großen Drucke ausgesetzt sind, eine Verstärkung bilden. Diese Verstärkung der Unterstirn stellt der Durchbiegung einen bedeutenderen Widerstand entgegen.

Bei einer schräg gestellten Stirn tritt noch ein neues wichtiges Moment hinzu. Die drei Drucksäulen treffen das zwar steife, aber elastische und nachgiebige Material der Stirnwand unter einem mehr oder minder stumpfen Winkel, der Stirnneigung entsprechend. Denkt man sich nun gegen die Unterkante eines schräggestellten Eisenbleches, welches an beiden Seiten eingespannt ist, in gleicher Weise drei solche Druckkräfte wirken, so sehen wir deutlich, wie die Kante vorgewulstet wird. Genau derselbe Vorgang findet statt bei der schräggestellten Stirn, indem der beim Kauakt in den Säulen auftretende Druck auf die Unterkante der Stirn trifft und dieselbe in der oben beschriebenen Weise vorwulstet. Würde diese Vorwulstung nicht im Zusammenhang mit der schräg gestellten Stirn auftreten, so wäre die Gefahr einer Abscherung vorhanden.

Die Wirkung der Kaumuskulatur können wir also in folgende Resultate zusammenfassen:

1. Durch die Tätigkeit der Musculi temporales findet eine allmähliche Zurückbiegung der Stirn statt, die beim männlichen Geschlecht stärker ist als beim weiblichen.

2. Durch die Anordnung der Kräfte und Gegenkräfte findet eine Durchbiegung der Stirn statt und hierdurch eine Druckspannung in der Unterstirn. In erhöhtem Maße findet dieser Vorgang bei der geneigten Stirn statt.

3. Bei der geneigten Stirn findet ferner durch den Druck der von unten her auf die Unterstirn wirkenden Kräfte eine Vorwulstung dieser Partie statt. Diese Vorwulstung ist eine der Hauptursachen der kräftigen Entwickelung der Augenbrauenwülste bei geneigter Stirn.

4. Je kräftiger die Kautätigkeit, d. h. die Kräfte und Gegenkräfte, die beim Kauakt aufeinander wirken, in desto erhöhterem Maße treten die unter 1., 2. und 3. angeführten Wirkungen ein.

5. Die Augenbrauenwülste sind demgemäß nicht etwas Zufälliges oder eine Bildungsanomalie, sondern die notwendige Folge der Mechanik des Kauaktes.

Daß der Kauakt fast ausschließlich in Verbindung mit fliehender Stirn die Bildung der Augenbrauenwülste verursacht, läßt sich beim Menschen leicht verfolgen. Die dolichocephalen Völker mit zurückgebogener Stirn und kräftig entwickeltem Kauapparat zeigen starke Vortreibung der Unterstirn; hingegen haben Rassen mit steil gestellter Stirn und schlechtem Kauapparat kaum stark entwickelte Augenbrauenwülste.

Der Schädel des Kindes besitzt ein gering ausgebildetes Gebiß und eine mehr blasenförmige Stirn; die Stirnneigung beträgt meist 90° und darüber; Augenbrauenwülste fehlen daher beim Kinde.

Der weibliche Schädel behält durch das ganze Leben mehr die Form des kindlichen Schädels, die Stirn neigt sich nur wenig, und dadurch erklärt sich am weiblichen Schädel das fast vollständige Fehlen der Wülste.

Der männliche Schädel hingegen hat, wie bereits oben gezeigt worden ist, mit zunehmendem Alter die Tendenz, sich immer weiter vom kindlichen Typus zu entfernen. Das Gebiß entwickelt sich kräftiger, die Stirn neigt sich mehr und mehr, und dadurch sind die Möglichkeiten für Wulstbildung mehr gegeben als bei dem kindlichen und weiblichen Schädel.

In der kurzen anatomischen Beschreibung im Eingang meiner Arbeit habe ich auf die Ähnlichkeiten, aber auch Verschiedenheiten im Kopfskelett der Anthropomorphen gegen den Menschen hingewiesen. Es ist daher zu erwarten, daß bei ihnen wohl ähnliche Wirkungen durch die Funktion ihres Kauapparates entstehen, daß aber doch Modifikationen eintreten müssen. Durch die Funktion des Fressens ist bei den Anthropomorphen die gewaltige Ausbildung des Vorderkiefers zu erklären. Ihre Schneidezähne arbeiten nicht scherenartig wie

beim Menschen gegeneinander, sondern treffen sich direkt unter einem mehr oder minder großen Winkel. Der Kaudruck, der beim Menschen fast ausschließlich durch die Molaren aufgenommen wird, verteilt sich bei den Anthropomorphen gleichmäßiger auf beide Kieferpartien. Die Crista canina, die der äußere Ausdruck für das Trajektorium der Frontzähne ist, erhält eine mächtige Ausbildung, und man kann deutlich sehen, wie mit zunehmendem Alter, also mit Vergrößerung des Vorderkiefers, die Crista canina sich enorm verstärkt. Die Crista alveolo-zygomatica, ebenfalls der äußere Ausdruck für das Trajektorium der Backenzähne, ist wohl entwickelt und der Kautätigkeit entsprechend stark ausgebildet. Also auch bei den Anthropomorphen wird der Druck, der durch die Kautätigkeit auf den Oberkiefer ausgeübt wird, durch anfangs vier, da sich aber die beiden Trajektorien der Frontzähne bei den Anthropomorphen ebenfalls unterhalb der Sutura naso-frontalis vereinigen, weiter obenhin durch drei Drucksäulen nach oben fortgeleitet. Man findet diese Verhältnisse sehr deutlich auf Fig. 3 und 4 dargestellt.

Beim Menschen ist, wie ich oben beschrieben habe, zwischen den Trajektorien der Front- und Backenzähne ein System von Dreiecken vorhanden, um den zwischen den beiden Trajektorien auftretenden Druck aufzunehmen. Diese Anordnung ist bei den Anthropomorphen nicht vorhanden, sondern wird durch ein anderes System von Verstärkungen ersetzt. Es steigen nämlich von den Wurzeln der einzelnen Zähne aus kräftig entwickelte Knochensepten auf der inneren Seite der Fazialwand des Antrum Highmori empor. Diese sind, wie ich noch später zeigen werde, bedingt durch den Druck auf die Zähne und sind die Fortsetzung des Wurzelspitzentrajektoriums. Diese Längssepten werden ihrerseits wieder von Quersepten im rechten Winkel gekreuzt, wodurch eine ganz bedeutende Erhöhung der Festigkeit erzielt wird. Das ganze Gebilde macht, wie man auf Fig. 1 deutlich sieht, einen wabenartigen Eindruck. Da man das Antrum Highmori als eine Knochenaussparung anzusehen hat, so sieht man hier das eigenartige Bild, daß infolge der kolossalen Belastung der Backenzähne beim Affen innerhalb dieser Aussparung wieder Verstärkungen auftreten. Der Kaudruck, der vermittelst der Zähne auf den Oberkiefer übermittelt wird, wird also auch bei den Anthropomorphen durch drei Drucksäulen auf die Unterstirn übertragen. Die Musculi temporales sind bei den Anthropomorphen infolge ihrer gewaltigen Inanspruchnahme mächtig entwickelt. Ähnlich wie im Gebiß, zeigen sich auch hier geschlechtliche Unterschiede.

Da die Insertionsstellen der Musculi temporales nach der Medianebene hin verlagert sind, so kann eine Durchbiegung der Stirn, wie beim Menschen, infolge dieser anderen Anordnung der Kräfte nicht stattfinden; hingegen tritt auch bei den Anthropomorphen aus denselben Gründen wie beim Menschen im Alter eine Zurückneigung der Stirn ein.

Beim Hylobates ist die Orbita röhrenförmig ausgezogen, infolgedessen sind Veränderungen in der Orbitalregion bei ihm nicht gut zu erkennen. Es bleiben daher noch Orang, Gorilla und Schimpanse zur Betrachtung übrig.

Beim Orang fällt, wie auf der Röntgenaufnahme (Fig. 3) deutlich ersichtlich ist, der nach aufwärts gerichtete Druck mit der Richtung der Stirnneigung zusammen, die Drucktrajektorien bilden mit der Stirn nahezu eine ununterbrochene Linie. Eine Gefahr der Abscherung ist in diesem Falle nicht vorhanden. Die Unterstirn wird daher beim Orang nicht vorgewulstet, d. h. es kommt bei ihm zu keiner Bildung von Supraorbitalwülsten. Nur bei alten Tieren, bei denen die Stirn sich etwas nach hinten neigt, findet man dann auch proportional der Verstärkung der Musculi temporales Supraorbitalwülste, die aber nicht sonderlich stark entwickelt sind.

Ganz anders verhält sich in dieser Beziehung der Gorillaschädel (Fig. 4). Auch er besitzt in der Jugend eine steile Stirn, die aber später ganz bedeutend nach hinten geneigt wird. Der Winkel, den das Trajektorium der Backenzähne mit der Stirn bildet, beträgt bei dem hier abgebildeten Schädel 56°. Die Wirkung der Musculi temporales ist eine ganz enorme. Die Gefahr einer Abscherung der Stirn ist in hohem Maße vorhanden, infolgedessen wird die Unterstirn auch stark vorgewulstet, so daß die Augen

brauenwülste gleich einem Dache über den Augen lagern.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich beim Schimpanse vor. Wenn es bei ihm auch nicht zu einer so gewaltigen Entwickelung der Supraorbitalwülste kommt wie beim Gorilla, so sind sie doch kräftig ausgebildet.

Mit der Frage der Supraorbitalwülste eng verknüpft ist die der Stirnhöhlen. Wir haben in ihnen, ebenso wie im Antrum Highmori, Aussparungen im Knochen zu sehen, nach dem Prinzip der größtmöglichen Materialersparnis in der Natur. Daß innerhalb solcher Aussparungen wieder Verstärkungen entstehen können, wenn sie durch eine neu auftretende Funktion bedingt sind, haben wir bei der Leistenbildung innerhalb des Antrum Highmori gesehen. Bei allen jugendlichen Orangschädeln, die mir zur Verfügung standen, war von einer Leistenbildung nichts zu bemerken (Fig. 1). Es sind dies also keine vererbten Eigenschaften, sondern durch Aktivitätshypertrophie entstandene Bildungen.

Nachdem ich versucht habe, die Entstehung der Supraorbitalwülste auf entwickelungsmechanischem Wege zu erklären, will ich einige der hauptsächlichsten, bisher bestehenden Theorien besprechen.

Eine Erklärung für die Augenbrauenwülste des Menschen versuchen Lehon in seiner Arbeit „L'homme fossile en Europe" und Klaatsch in seiner Abhandlung „Die fossilen Knochenreste des Menschen und ihre Bedeutung für die Abstammungsfrage".

Klaatsch sagt über die Augenbrauenwülste des Neandertalerschädels: „Die Jagd des Mammut, der Kampf mit dem Höhlenbären und Höhlenlöwen setzt ebensoviel Kraft wie List und Gewandtheit voraus. Ich bin daher mit Lehon geneigt, die Supraorbitalbögen in ihrer mächtigen Entwickelung nicht mit der Kaumuskulatur, sondern mit mimischen Dingen in Zusammenhang zu bringen."

Lehon führt aus: „Toujours sur le qui-vive, pour découvrir les animaux dont il avait tant à craindre ou dont il cherchait à faire sa proie, le froncement de ses sourcils, en développant les muscles de cette partie du visage, devait aussi en fortifier les attaches et la base et donner à sa physionomie un aspect singulièrement farouche."

Fraipont wiederum bringt die Frage der Augenbrauenwülste mit dem Geruchsinne in Zusammenhang, indem er aus der mächtigen Entwickelung der Stirnhöhle im Augenbogen auf eine größere Fähigkeit des Geruchsinnes beim Spymenschen schließt. Einen näheren Beweis bringen diese Autoren nicht.

Klaatsch-Lehon sehen die Supraorbitalwülste als Basisvergrößerung für die mimische Muskulatur an. Selbst wenn man diese Voraussetzung anerkennen wollte, so ist doch auffallend, daß bei Rassen mit kräftigen Augenbrauenwülsten — ich verweise nur auf die Australneger — von einer besonders stark entwickelten mimischen Tätigkeit nichts zu bemerken ist. Umgekehrt ist auch nicht bekannt, daß z. B. Schauspieler, die doch ihre mimische Muskulatur in hohem Maße gebrauchen, sich durch kräftige Augenbrauenwülste auszeichnen.

Gegen die Fraipontsche Theorie muß ich darauf hinweisen, daß, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, die Augenbrauenwülste die primäre Bildung sind und die Stirnhöhlen erst die sekundäre und nicht umgekehrt, wie Fraipont meint.

Bei den Anthropomorphen fehlen Stirnhöhlen bei Orang und Hylobates völlig, während sie bei Schimpanse und Gorilla, die große Augenbrauenwülste haben, gut entwickelt sind.

Die gefundenen Resultate für die Veränderungen, die durch die Kautätigkeit in der vorderen Schädelpartie auftreten, kann man also in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Die Augenbrauenwülste erscheinen nicht als etwas Zufälliges, sondern in der mechanischen Wirkungsweise der beim Kauakt auftretenden Kräfte begründet. Je größer die Stirnneigung und je kräftiger die Kaumuskulatur ist, desto mächtiger entwickeln sich die Augenbrauenwülste.

2. Die Augenbrauenwülste sind nicht angeboren, sondern entwickeln sich erst allmählich. Sie verstärken sich mit zunehmendem Alter infolge der größer werdenden Neigung der Stirn, und zwar beim männlichen Geschlecht in ganz be-

deutend stärkerem Maße als beim weiblichen, das dadurch als dem kindlichen Typus näherstehend charakterisiert wird.

3. Die Supraorbitalpartie beim Hylobates, die sich wie ein Dach vorstreckt, erklärt sich als eine andere Bildung als die Augenbrauenwülste.

4. Die Stirnhöhlen und das Antrum Highmori sind als Aussparungen anzusehen.

Wirkungen der Zähne auf das umliegende Knochengewebe.

Die Zähne sind, wie bereits angegeben, die Vermittler des bei der Kautätigkeit entstehenden Druckes auf den Kiefer. Den Einfluß, den die Zähne auf das umliegende Knochengewebe ausüben, kann man in zwei Abschnitte teilen, und zwar in die Periode während des Durchbruches und die nach dem Durchbruch.

Während früher allgemein die Ansicht vertreten wurde, daß infolge des Reizes, den der entsprechende Zahn auf das umliegende Gewebe ausübt, ein Resorptionsorgan entstehe, das dem durchbrechenden Zahne Raum schaffe, läßt sich diese Theorie auf Grund der Walkhoffschen Untersuchungen, die er in seinem „Lehrbuche der normalen Histologie der menschlichen Zähne" und in seiner Arbeit über den „Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen in seiner funktionellen Entwickelung und Gestalt" niedergelegt hat, nicht mehr aufrecht erhalten. Die Vergrößerung des Zahnkeimes bewirkt nämlich nicht, wie früher angenommen wurde, eine Resorption des Knochengewebes, sondern eine Kompression desselben. Man sieht deutlich, wie sich rings um den Zahnkeim gleichsam eine Hülse von fester Knochensubstanz bildet. Dies Compacta dient dem wuchernden Pulpawulst als Widerlager und treibt die Zahnpapille und den fertig gebildeten Teil des Zahnes nach der Richtung des geringsten Widerstandes vor. Infolge des hier auftretenden Druckes entsteht nur im Umfange der Krone und ganz besonders an der Spitze eine Resorption des Knochens. Wie stark der dabei ausgeübte Druck ist, sieht man am besten daraus, daß die Compacta durch eine Knochenleiste sich nach hinten versteift.

Ist der Durchbruch zum Stillstand gelangt, d. h. ist der Zahn auf seinen Antagonisten gestoßen, so hört auch der Druck auf die Compacta auf, und man sieht nun den entgegengesetzten Vorgang, daß die Compacta sich wieder in Spongiosa umwandelt; ein Teil der Compacta bleibt jedoch stets als sogenannte Wurzelscheide erhalten.

Infolge der verschiedenen Beanspruchung sind die Einflüsse der Zähne auf das umliegende Knochengewebe bei den Anthropomorphen und dem Menschen ganz verschieden.

Bei den Anthropomorphen treffen, wie bereits gesagt, die Schneidezähne unter einem mehr oder minder großen Winkel direkt aufeinander. Die Folge davon ist, daß die nach hinten stark gekrümmten Wurzeln der Schneidezähne nach der Gaumenseite zu einen bedeutenden Druck ausüben. Infolge dieses Druckes bilden sich nun Streben aus Knochenbälkchen, die rechtwinkelig von der Wurzelscheide ausgehen, diese Bälkchen werden nun wieder gegeneinander durch Knochenbälkchen verstrebt, die parallel zur Wurzelscheide laufen. Von der Wurzelspitze geht eine Verstärkung aus, die aus verdichteter Spongiosa besteht und den Zahn vor dem Hineindrücken in den Kiefer schützt. Man findet sie von der Wurzelspitze aller Zähne ausgehen, und sie bilden das sogenannte Wurzelspitzentrajektorium, das in der Verlängerung der Wurzelspitze verläuft. Weiter nach hinten, wo die Wirkung des Druckes aufhört, findet man eine unregelmäßige, rundmaschige Spongiosa.

Diese Anordnung der Spongiosa ist von Wichtigkeit. Würde die Wurzel direkt von fester Substanz, als einfache Gaumenplatte, umschlossen sein, so wäre bei der geringen Nachgiebigkeit der Compacta ein Bruch derselben zu befürchten. Die hier vorhandene Spongiosa wirkt wie ein federndes Polster, die Knochenbälkchen sind nachgiebig und elastisch, und die Gefahr eines Bruches fällt somit weg. Eine analoge Anordnung findet man beim Unterkiefer im Bau des Lingualwulstes. Die Anlagerung einer so mächtigen Spongiosa hat zur

Folge, daß der Gaumen der Anthropomorphen flach wird, er bildet in der Medianebene fast eine gerade Linie. Die Gestalt des Gaumens ist also bedingt durch seine innere Struktur, er bietet uns ein schönes Beispiel für die von Roux aufgestellte Theroie der „funktionellen statischen Gestalt und Struktur“ eines Skeletteils.

Beim Menschen stehen die Schneidezähne fast senkrecht im Kiefer. Beim Beißen treffen sie sich nicht direkt, sondern gleiten scherenartig aneinander vorüber. Die Spongiosaentwickelung an der Rückseite der Wurzel ist daher nur sehr gering und zeigt auch nicht diese bestimmte Struktur, wie bei den Anthropomorphen. Die Bedingung für einen flachen Gaumen fällt beim Menschen weg, er besitzt einen gewölbten Gaumen mit deutlichem Alveolarfortsatz.

Im Unterkiefer fehlt, ebenfalls bedingt durch die Geradstellung der Schneidezähne beim Menschen, der Lingualwulst, der bei den Anthropomorphen in so mächtiger Entwickelung vorhanden ist.

Auf einem anderen Prinzip beruht die Wirkung der Backenzähne. In seiner Arbeit „Über den funktionellen Bau einiger Zähne“ (Archiv für Entwickelungsmechanik) äußert sich Gebhardt[3]) über den Einfluß der Zahnwurzeln auf das angrenzende Knochengewebe folgendermaßen: „Da sich bei diesen Zähnen die Gestalt der Alveole schon in ihrem knöchernen Teil ziemlich genau der Gestalt der Wurzel anpaßt, so muß beim Hineindrücken der letzteren in die Alveole, ganz ähnlich, wie beim Eintreiben eines Keiles in einen Körper, auf die Wände der Alveole ein nach außen treibender Druck ausgeübt werden, genau wie beim Keil die ursprüngliche Kraft in seitlich divergierende Komponenten zerfällt. Dabei muß aber infolge der stärkeren Neigung des Keiles in der Kieferlängsrichtung in dieser Richtung der größere Teil der Kraft übertragen werden. Es ist mir aber außerordentlich zweifelhaft geworden, ob überhaupt jemals eine solche Wirkung zustande kommt, und nicht vielmehr eine Zugbeanspruchung der Alveolarwände bei Druck auf den Zahn eintritt, denn es dürfte sich noch zwischen Zahn und Knochen das Bindeglied der weichen Gebilde, vor allem des Periosts, insofern dabei bemerklich machen, als es infolge seiner von Gallaud gefundenen Struktur geeignet erscheint, sich bei der Übertragung mit eigenen mechanischen Momenten zu beteiligen. Die Wurzelspitze ist aber jedenfalls, und das ist wohl das Wichtigste, völlig entlastet, wie sie es dem Gefäß- und Nerveneintritt zuliebe sein muß, und wie auch die meist sehr dünne Wand dieser Stelle bezeugt.“

Daß tatsächlich eine Keilwirkung stattfindet, ist nach den Röntgenaufnahmen ohne Zweifel. Die stärkere Neigung des Keiles ist auch im Oberkiefer in der Kieferlängsrichtung. Es findet daher auf die Knochensepten zwischen den einzelnen Wurzeln ein bedeutender Druck statt, und es entsteht infolgedessen sowohl in der Aussen-, wie Innenlamelle eine entsprechende Zugspannung. Man sieht deutlich, daß die Knochenbälkchen sich hier horizontal anlagern. Sie sind so am besten befähigt, der Zugwirkung zu widerstehen und ein Zerreißen der Alveolarwand zu verhindern. Anders ist die Wirkung in den einzelnen Knochensepten. Da die Zahnwurzeln bis dicht unter den Boden des Antrum Highmori reichen und die Beanspruchung der Backenzähne bei den Anthropomorphen eine ganz enorme ist, so könnte leicht der Fall eintreten, daß der Zahn beim Beißen in die Oberkieferhöhle hineingedrückt werden könnte. Diese Wirkung wird nun durch eine ganz eigenartige Struktur der Spongiosa verhütet. Es gehen nämlich von der Wurzelscheide aus schräg nach aufwärts kräftige Knochenbälkchen, die an den benachbarten Wurzelscheiden enden. Wird nun irgend ein Zahn stark belastet, so wird der Druck vermittelst dieser Knochenbälkchen sofort auf die Nachbarzähne übertragen und von diesen, wenn der Druck sehr stark ist, weiter auf die ihnen benachbarten Zähne, so daß der Druck, der primär nur auf einem einzigen Zahn lastet, möglichst auf die ganze Zahnreihe verteilt wird. Gleichzeitig wird durch diese Anordnung der Spongiosa eine möglichst große Aussparung im Oberkieferknochen erzielt. Die Oberkieferhöhle senkt sich zwischen den einzelnen Wurzeln ziemlich tief in die Knochensepten hinein, so daß die Wurzelspitzen in das Antrum, nur

durch eine dünne, knöcherne Lamelle von ihm getrennt, hineinragen. Diese Verhältnisse werden auf Fig. 3 und 4 ersichtlich. Man sieht deutlich die schräg gerichteten Knochenstreben, die sich gegenseitig im rechten Winkel kreuzen. In der Nähe des Eckzahnes kann man noch folgende interessante Erscheinung erkennen. Der Eckzahn pflanzt den Druck in das schon bekannte Trajektorium der Frontzähne direkt fort. Ebenso der Nachbarzahn, es ist dies der erste Prämolar. Infolgedessen gehen von der Wurzelscheide dieses Zahnes auch keine Streben nach der benachbarten Alveole hin. Da der zweite Prämolar aber bereits auf dem Boden der Oberkieferhöhle steht, so muß er sich gegen die Wurzelscheide des ersten Prämolaren hin versteifen, und man sieht wieder deutlich die schräg verlaufenden Knochenstreben, die aber durch korrespondierende Streben des ersten Prämolaren nicht gekreuzt werden.

Abgesehen davon, daß die Wurzeln nicht in eine scharfe Spitze auslaufen und von der dünnen Schicht der Compacta — der sogenannten Wurzelscheide, ein Überrest der vom wuchernden Pulpawulst während der Zahnentwickelung gebildeten Compacta — umkleidet ist, so wird beim Hineindrücken des Zahnes in die Alveole die Wurzelscheide als Ganzes in das übrige Knochengewebe mit hineingedrängt. Von den Wurzelspitzen geht daher ein ziemlich bedeutender Druck aus, der zur Bildung des Wurzelspitzentrajektoriums Veranlassung gibt, wie wir es beim Schneidezahn gesehen haben. Von den Wurzelspitzen der Molaren gehen ebenfalls Wurzelspitzentrajektorien aus; es sind dies die uns bereits bekannten Längssepten im Antrum Highmori. Eine Gefährdung der in den Zahn eintretenden Blutgefässe und Nerven findet infolge des Wurzelspitzentrajektoriums nicht statt, da, wie deutlich zu erkennen ist, die Gefäße und Nerven in der neutralen Achse des Trajektoriums verlaufen. Ein anderes Bild bietet sich in der Spongiosa im Bereich der Molaren beim Menschen dar. Die Wurzeln der Zähne haben oft nicht mehr die reine Kegelform. Sie sind stark gekrümmt, weit auseinander gespreizt oder auch miteinander verwachsen, kurz, sie zeigen alle möglichen Anomalien. Zudem ist ihre Beanspruchung mit der bei den Anthropomorphen nicht in eine Linie zu stellen. Man sieht wohl eine Andeutung der sich kreuzenden Knochenbälkchen in den Septen zwischen den Wurzeln, doch finden wir vorherrschend das Bild der unregelmäßigen, rundmaschigen Spongiosa. Am besten glaube ich den Unterschied dieser beiden Spongiosenformen zu kennzeichnen, wenn ich die Definitionen von Roux anführe. Er sagt über die rechteckmaschige Spongiosa: „Rechteckmaschige Spongiosa, Spongiosa rectangulata, für konstante Beanspruchungsrichtung, und vollkommene Zerlegung dieser Beanspruchung in primäre und sekundäre; sie stellt die höchste Stufe der Differenzierung dar.“

Für die rundmaschige Spongiosa gibt er folgende Definition: „Rundmaschige Spongiosa für starken Wechsel der Beanspruchungsrichtung nach vielen Seiten.“

Während also bei den Anthropomorphen in der Region der Molaren in den Knochensepten nur die Spongiosa rectangulata vorkommt, findet man beim Menschen sowohl diese Spongiosa, als auch die rundmaschige Spongiosa allmählich ineinander übergehend.

Wirkung des Druckes im Kiefergelenk.

Bei der Kautätigkeit findet, wie ich bereits angeführt habe, nicht nur eine Druckwirkung gegen die Zahnreihe statt, sondern auch gegen die Pfanne des Kiefergelenks. Im Gegensatze zum Menschen, der mit seinem Unterkiefer sowohl eine Vorwärts-, als auch eine Seitenbewegung machen kann, wird bei den Anthropomorphen, besonders bei den älteren männlichen Tieren, die Seitenbewegung fast völlig aufgehoben. Infolge der mächtigen Entwickelung ihrer Eckzähne kommt die in der Jugend ebenfalls vorhandene Fähigkeit der Seitenbewegung fast gänzlich in Fortfall, hingegen scheint die Möglichkeit einer Vorwärtsbewegung bei ihnen infolge der flacheren Gelenkgrube eine größere zu sein. Wir sehen

also bei den Menschen eine allseitige Bewegung der Kiefer und bei den Anthropomorphen eine Bewegung hauptsächlich in einer Richtung.

Es ist klar, daß der Druck in der Gelenkpfanne, der nur auf eine ganz kleine Fläche wirkt, der Entlastung dieser Partie zuliebe auf einen größeren Raum übertragen werden muß.

Dies geschieht auch tatsächlich durch eine Spongiosa, die von der Gelenkpfanne aus ihren Ursprung nimmt.

Bei allen Anthropomorphen sieht man von der Gelenkpfanne fächerartig eine mächtig entwickelte, sehr weitmaschige und deshalb stark federnde Spongiosa ausstrahlen, die sich auf das ganze Schläfen- und Hinterhauptsbein erstreckt. Selbstverständlich ist diese Spongiosa, der Intensivität der Kautätigkeit entsprechend, bei den verschiedenen Anthropomorphen auch mehr oder minder stark entwickelt.

Besonders schön zu sehen ist diese Spongiosa auf den Röntgenbildern des Gorilla und des Orang (Fig. 3 und Fig. 4). Auf dem Röntgenbilde des sehr jugendlichen Orang-Utans ist diese Spongiosa zwar auch schon vorhanden, doch hat sie hier noch nicht diese regelmäßige Form wie beim erwachsenen Tier, allerdings ist bei dem jungen Tier auch noch eine allseitige Bewegung des Kiefers möglich.

Beim Menschen ist die Intensivität der Kautätigkeit im Verhältnis zu der der Anthropomorphen eine außerordentlich geringe. Die Bewegung des Unterkiefers ist durch nichts behindert und findet daher nach allen Seiten statt. Die Folge dieser anderen Funktion muß sich daher auch in Massenentwickelung und der Form der Spongiosa kundtun.

In der Tat findet man auch nur eine sehr gering entwickelte Spongiosa in der Gelenkpartie und zudem von anderer Form, da sie rundmaschig und unregelmäßig angeordnet ist.

Man sieht also beim Menschen die Substantia spongiosa globata inordinata im Kiefergelenk auftreten. „Die Bälkchen oder Plättchen benachbarter Maschen haben erheblich verschiedene Richtungen und verbinden sich nicht zu kontinuierlichen Zügen. Bei sehr wechselnder Beanspruchungsrichtung oder bei noch unvollkommener Anpassung an eine neue Beanspruchungsrichtung."

Letzterer Fall trifft für den jungen Anthropomorphen zu, und man findet daher bei ihm auch die Substantia spongiosa inordinata, die von Anfang an stärker und in größerem Umfange angelegt ist als beim Menschen, mit fortschreitendem Alter aber in die Substantia spongiosa ordinata übergeht. „Die Bälkchen oder Plättchen benachbarter Maschen verbinden sich zu kontinuierlichen Geraden oder allmählich sich biegenden „Zügen" zu Trajektorien, Stadium vollkommener Anpassung an vorherrschende resp. konstante Beanspruchungsrichtung."

Schlußresultat.

Wenn man die Resultate der vorliegenden Arbeit zusammenfaßt, so ergibt sich, daß die Gestalt des Schädels der Anthropomorphen und des Menschen beeinflußt wird von der Funktion, die er zu erfüllen hat. Er ist sowohl in seiner inneren Struktur, als auch in seiner äußeren Gestalt ein Produkt der auf ihn einwirkenden Kräfte. Wir haben gesehen, daß infolge der Kautätigkeit sowohl auf die obere Zahnreihe, als auch auf das Kiefergelenk, ein bedeutender Druck ausgeübt wird. Der Druck auf die obere Zahnreihe wirkt nun in hohem Maße formgestaltend auf das obere Kopfskelett ein. Während bei den Anthropomorphen die „Kaufunktion" in den Vordergrund tritt und dadurch eine gewaltige Entwickelung der Kiefer bedingt wird, tritt diese Funktion beim Menschen stark in den Hintergrund, so daß bei ihm eine divergente Erscheinung, nämlich eine Verkleinerung des Kiefers, die Folge ist. Hauptsächlich machen sich diese Unterschiede, wie wir gesehen haben, im Vorderkiefer bemerkbar.

Aus dieser Verschiedenheit der Kieferformen resultiert eine verschiedenartige Druckverteilung. Bei den Anthropomorphen ist der Druck auf Vorder- und Hinterkiefer ziemlich gleichmäßig verteilt, während beim Menschen der Vorderkiefer stark entlastet und der Hauptdruck auf den Hinterkiefer ausgeübt wird. Der Druck wird von der Zahnreihe nach oben fortgeleitet,

und zwar durch die in der Abhandlung beschriebenen beiden Trajektorien der Backenzähne und der Frontzähne, die aus verdichteter Spongiosa bestehen. Die Trajektorien der Frontzähne verlaufen anfangs getrennt, vereinigen sich aber weiter nach oben zu einem einzigen Trajektorium. Entsprechend der verschiedenen Druckverteilung sind die Trajektorien der Frontzähne bei den Anthropomorphen kräftig entwickelt, während sie beim Menschen nur schwach sind. Die Trajektorien der Backenzähne sind sowohl bei den Anthropomorphen, als auch beim Menschen gut ausgebildet. Diese Trajektorien bedingen am Gesichtsskelett Leistenbildungen; es sind dies die Cristae caninae und die Cristae alveolo-zygomaticae.

Bedeutende Verschiedenheiten bestehen in der Partie zwischen den Trajektorien der Backenzähne und Frontzähne bei den Anthropomorphen und dem Menschen. Während bei den Anthropomorphen auf der Innenseite der Facialwand des Antrum Highmori von den Wurzelenden der einzelnen Zähne Längsleisten aufsteigen, die von Querleisten gekreuzt werden, besteht beim Menschen an dieser Stelle eine dreieckartige Anordnung von Verstärkungen. Die Trajektorien der Backen- und Frontzähne enden bei den Anthropomorphen und beim Menschen im Supraorbitalrande. Treffen nun die nach aufwärts gerichteten Druckkräfte auf eine Stirn, die in der Verlängerung der Richtung dieser Kräfte verläuft, so tritt keinerlei Veränderung ein, wie wir es beim jugendlichen oder weiblichen Orang-Utan gesehen haben. Stoßen die Druckkräfte mit der Stirn unter einem mehr oder minder großen Winkel zusammen, wie es bei der fliehenden Stirn der Fall ist, so entsteht eine Vorwulstung der Unterstirn. Diese Vorwulstung — Supraorbitalwülste — ist, wie ausgeführt wurde, nicht angeboren, sondern erst allmählich unter dem Einflusse der aufeinander wirkenden Kräfte entstanden. Die Supraorbitalwülste sind also eine entwickelungsmechanisch notwendige Bildung und ein treffendes Beispiel für die funktionelle Selbstgestaltung eines Skeletteils.

Einen bedeutenden Einfluß hat die Funktion des Kauaktes auch auf die innere Struktur des Alveolarfortsatzes und auf die äußere Gestalt des Gaumens. Man sieht deutlich, verursacht durch die Kegelform der Zahnwurzeln, in der Innen- und Außenlamelle des Alveolarfortsatzes eine horizontale und in der Innenpartie eine sich rechtwinkelig kreuzende Anlagerung der Spongiosa. Die Anordnung der Spongiosa ist den Anthropomorphen und den Menschen gemeinsam, wenn auch beim Menschen die Spongiosa nicht so regelmäßig angeordnet ist, wie bei den Anthropomorphen.

Im Vorderkiefer machen sich infolge verschiedenartiger Funktion bedeutende Unterschiede geltend. Infolge der Schrägstellung der Schneidezähne und des direkten Aufbisses bei den Anthropomorphen wird eine starke Anlagerung von Spongiosa mit bestimmter Struktur bedingt. Diese mächtige Entwickelung von Spongiosa hat nun eine Abflachung des Gaumens im Vorderkiefer zur Folge.

Beim Menschen stehen die Zähne fast senkrecht im Kiefer und gleiten scherenartig aneinander vorüber. Man findet daher nur schwach entwickelte, unregelmäßige Spongiosa, und der Gaumen ist hoch gewölbt.

Man kann also für die Gestalt des Gaumens im Vorderkiefer den Satz aufstellen: Die Gestalt des Gaumens ist bedingt durch die Funktion der Schneidezähne, sie ist eine notwendige Folge seiner inneren Stuktur.

Veranlaßt durch den Druck des Unterkiefers gegen die Gelenkpfanne und durch die Bewegung des Unterkiefers in hauptsächlich einer Richtung, kommt es bei den Anthropomorphen im Schläfen- und Hinterhauptsbein zur Entwickelung einer großmaschigen, federnden, vom Kiefergelenk fächerartig ausstrahlenden Spongiosa. Beim Menschen, der seinen Kiefer allseitig bewegt und auf das Kiefergelenk nur einen verhältnismäßig geringen Druck ausübt, tritt nur eine gering entwickelte, unregelmäßige, rundmaschige Spongiosa in der Kiefergelenkpartie in Erscheinung.

Man findet also auch hier die Rouxschen Sätze über die funktionelle Anpassung bestätigt. Die Funktion eines Organs bedingt seine innere Struktur, und diese hat wieder die äußere Gestalt zur Folge. Ändert sich diese Funktion, so muß diese Änderung auch eine andere innere Struktur und äußere Gestalt zur Folge haben

Literatur.

[1]) Fick: Vergleichend anatomische Studien an einem erwachsenen Orang-Utan (Archiv für Anatomie und Physiologie 1895).

[2]) Fraipont: La race imaginaire de Cannstatt ou der Néanderthal. Bull. de la soc. d'anthropol. de Bruxelles, T. XIV, 1895—1896.

[3]) Gebhardt: Über den funktionellen Bau einiger Zähne (Archiv für Entwickelungsmechanik, Bd. 10, Heft 1, 2, 3).

[4]) Klaatsch: Die fossilen Knochenreste des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem. Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte Bd. IX, S. 415 bis 496. Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1899.

[5]) Lehon: L'homme fossile en Europe. Brüssel 1877.

[6]) Ranke: Der Mensch. Leipzig, Bibliographisches Institut, 1894.

[7]) Ranke: Beiträge zur physischen Anthropologie der Bayern, Bd. II: „Über einige gesetzmäßige Beziehungen zwischen Schädelgrund, Gehirn und Gesichtsschädel." (Beiträge zur Anthropologie und Urgeschichte Bayerns Bd. X, S. 1 bis 132.) München, F. Bassermann, 1892.

[8]) Roux: Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen. Leipzig 1895.

[9]) Selenka: Menschenaffen (Anthropomorphae), Studien über Entwickelung und Schädelbau. Lieferung I und II.
I. Schädel des Orang-Utans.
II. Schädel des Gorilla und Schimpanse.
III. Entwickelung des Gibbon (Hylobates und Siamanga). Wiesbaden, C. W. Kreidel, 1899.

[10]) Virchow: Untersuchungen über die Entwickelung des Schädelgrundes im gesunden und krankhaften Zustande und über den Einfluß desselben auf Schädelform, Gesichtsbildung und Gehirnbau. Berlin, Gg. Reimer, 1857.

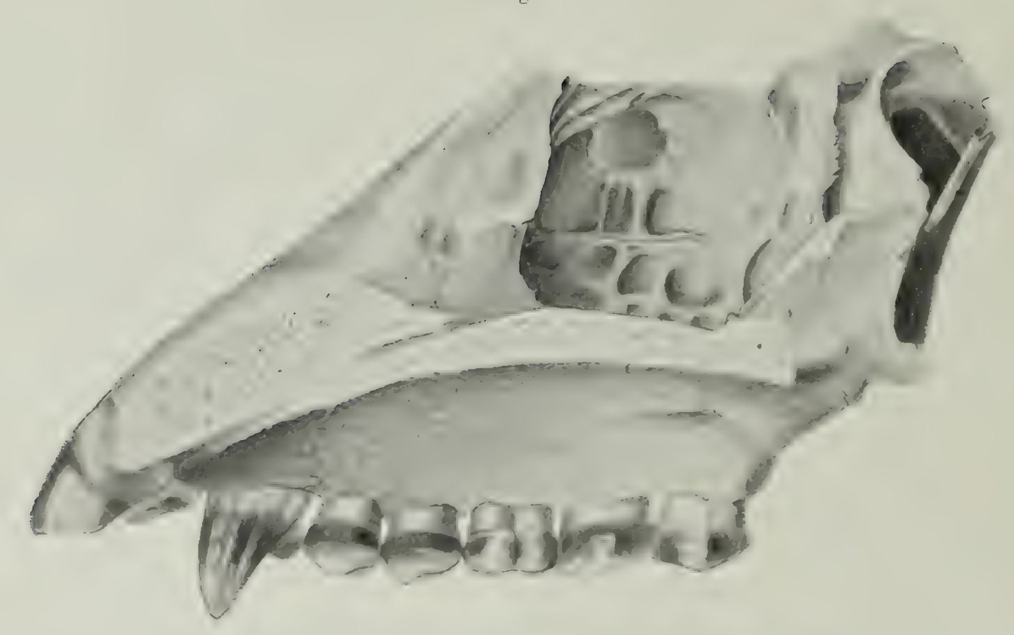
[11]) Walkhoff: Der Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen in seiner funktionellen Entwickelung und Gestalt. Selenka, Menschenaffen, Lieferung IV, 1902.

[12]) Walkhoff: Normale Histologie der Zähne. Leipzig 1901.

[13]) Zschokke: Weitere Untersuchungen über das Verhältnis der Knochenbildung zur Statik und Mechanik des Vertebratenskelets. Zürich 1892



Fig. 1.



Außenwand des Antrum Highmori eines erwachsenen Orang.

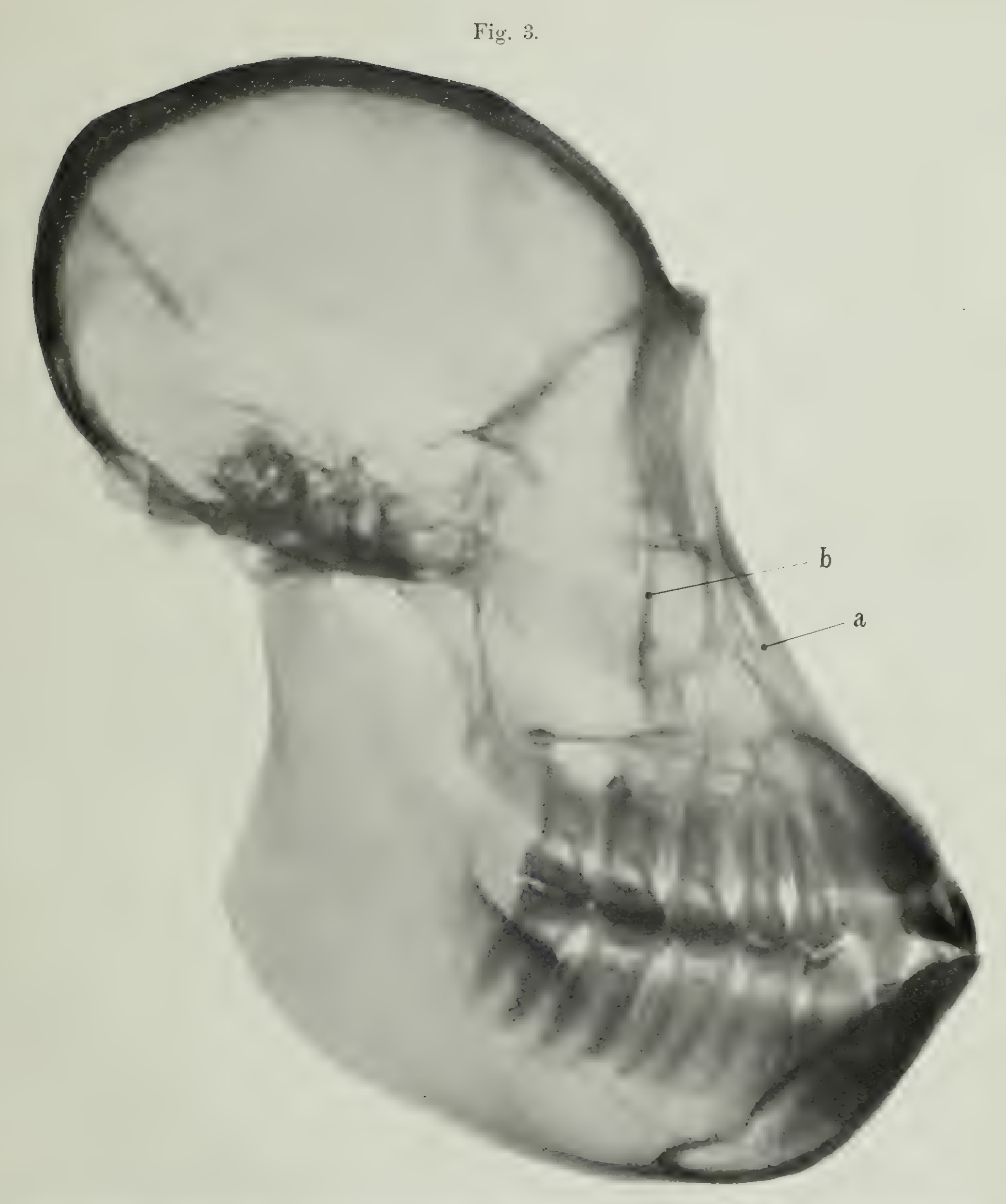


Fig. 2.



Außenwand des Antrum Highmori eines jugendlichen Orang.

Fig. 3.



Röntgenbild eines erwachsenen weiblichen Orangschädels. *a* und *b* die Haupttrajektorien.





Fig. 4.

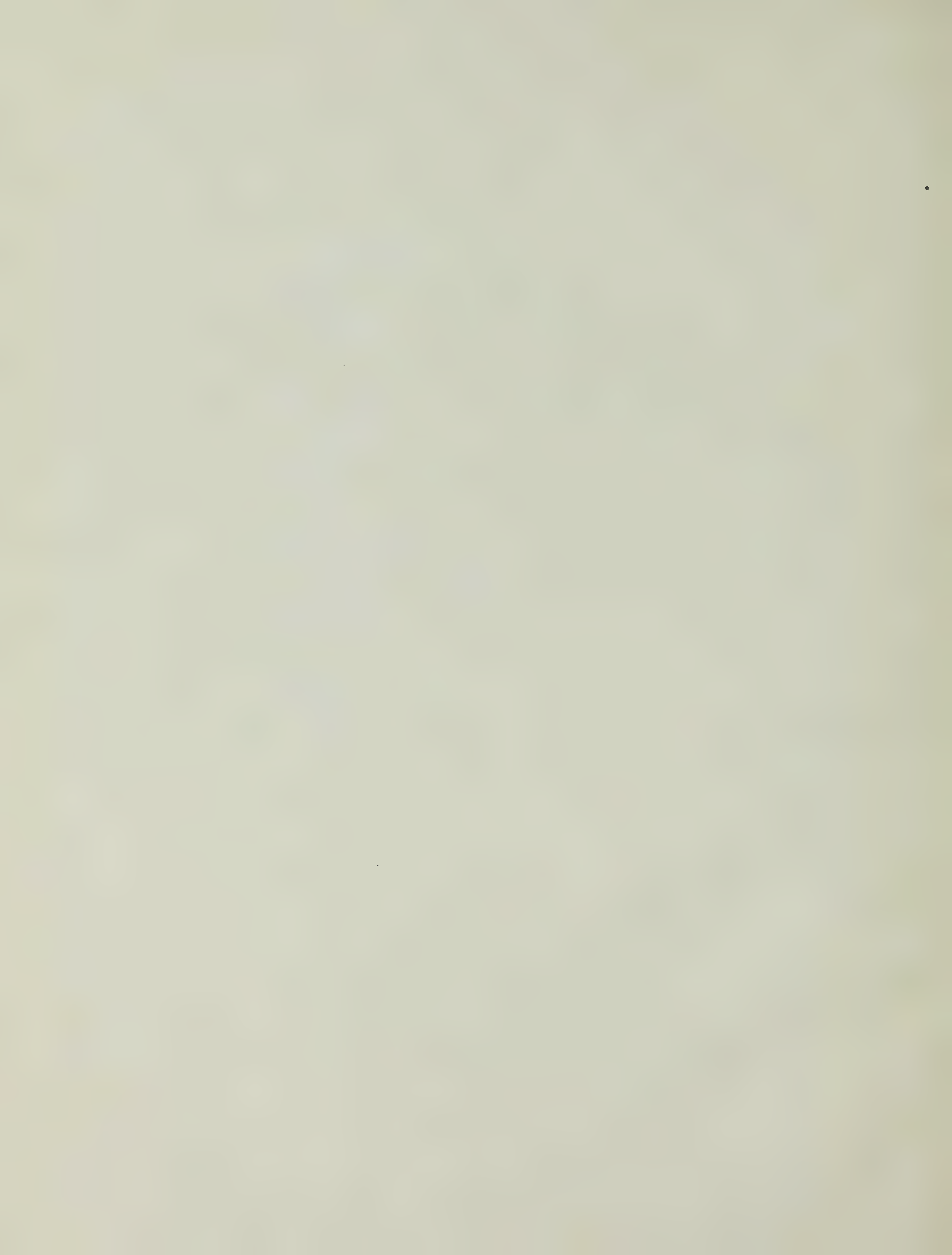


Röntgenbild eines erwachsenen männlichen Gorillaschädels. *a* und *b* die Haupttrajektorien.

Fig. 5.



Röntgenbild eines männlichen Menschenschädels. *a* bis *c* die Haupttrajektorien.

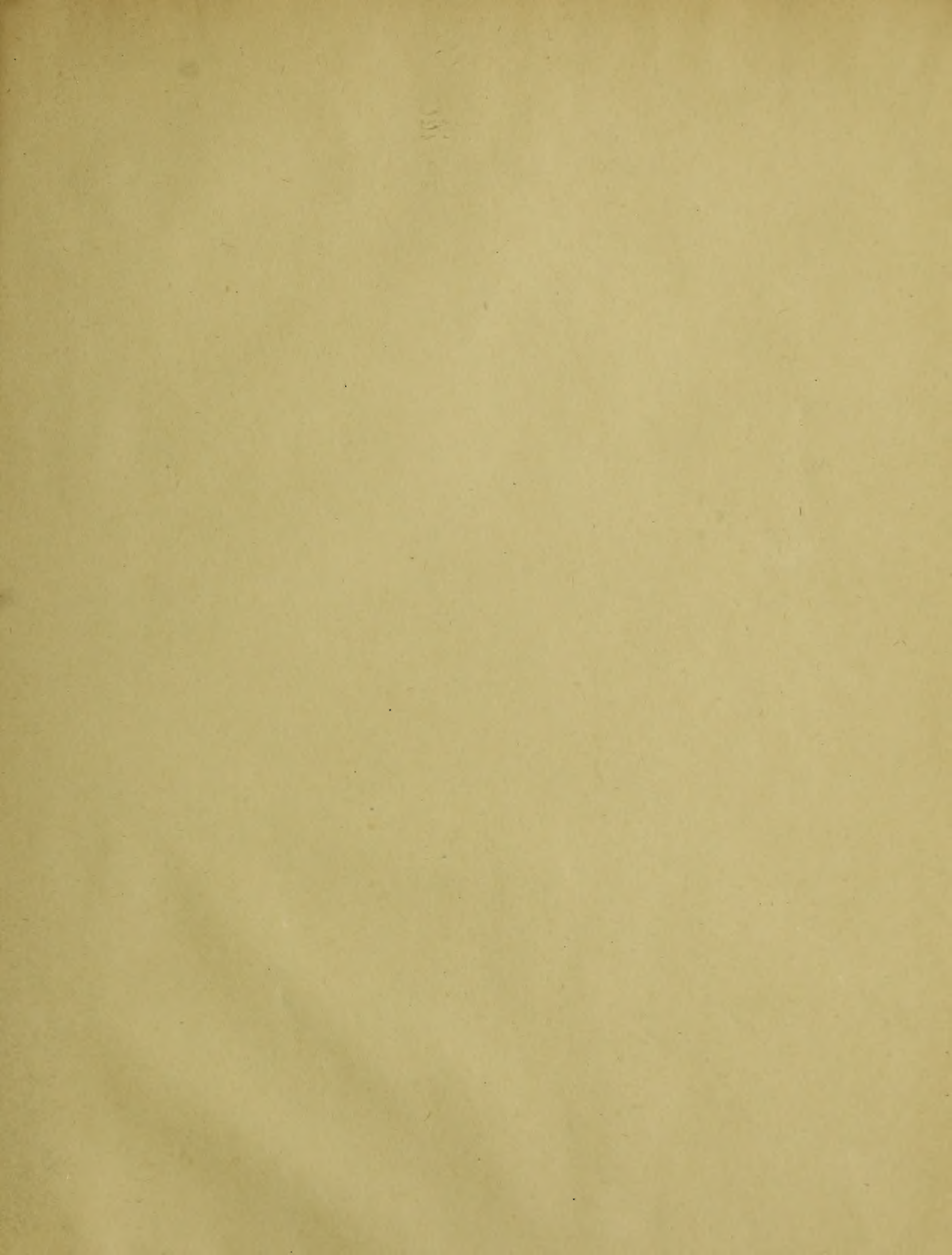


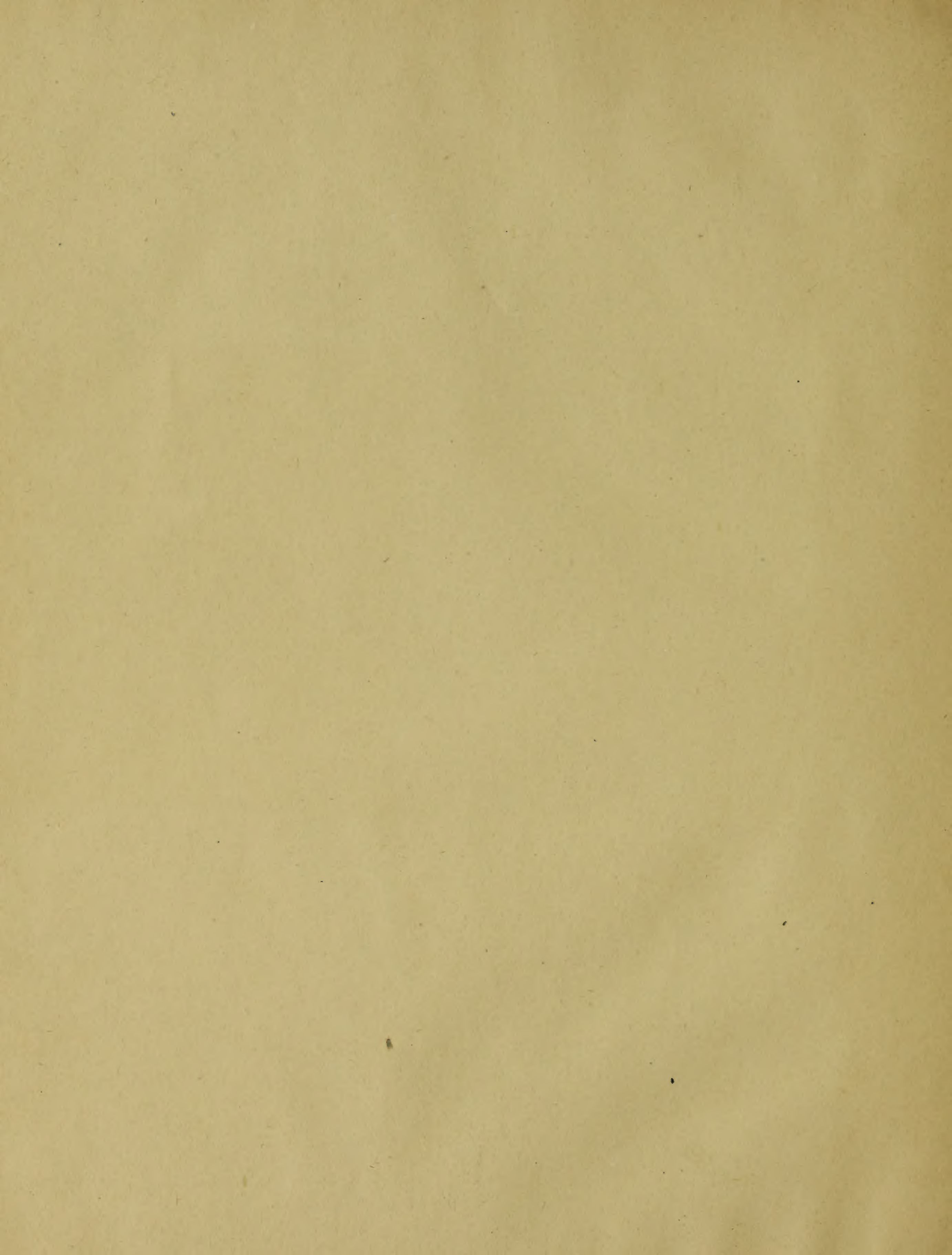


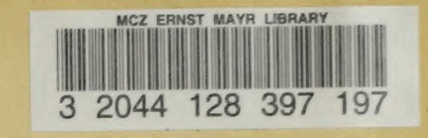











MCZ ERNST MAYR LIBRARY
3 2044 128 397 197



